

# Wirbelsäulenverletzungen bei Kindern und Adoleszenten

Kindliche Wirbelsäulenverletzungen sind insgesamt selten, die Inzidenz beträgt etwa 7/100.000 pro Jahr. Beim Kleinkind ist bevorzugt die Halswirbelsäule (HWS) mit meist ligamentären Verletzungen betroffen. Dies lässt sich mit der Übergröße des Kopfs im Vergleich zum Restkörper und der noch relativ schwachen Muskulatur erklären. Mit zunehmendem Alter treten dann immer mehr knöcherne Verletzungen auf, Verletzungsmuster und -lokalisationen gleichen sich der Verteilung beim Erwachsenen an. Gründe dafür sind die sich ausbildende natürliche Kyphose und die sehr stabile Bandscheibenstruktur [7, 9].

Da HWS-Verletzungen bei Kindern und Jugendlichen selten auftreten, bedarf es einer genauen Kenntnis möglicher Verletzungsformen, der physiologischen Entwicklung anatomischer Strukturen und von Anomalien. Nur so können die Verletzungen erkannt und adäquat behandelt werden. Auch evtl. vorliegende neurologische Ausfallserscheinungen sind zu erfassen und deren Ursache abzuklären. An der oberen HWS sind Verletzungen des 2. Halswirbelkörpers häufig, an der unteren HWS Kompressions- oder Luxationsfrakturen. Die Therapie richtet sich nach dem Ausmaß der Verletzung und der Gelenkinstabilität. Je nach Lokalisation und Verletzungsart kommen konservative Maßnahmen, Ruhigstellung in Orthesen oder Traktion mittels Halofixateur in Betracht. Osteosynthesen oder Fusionen sind bei bestimmten Verletzungen und Frakturen auch im Kindesalter notwendig.

Im vorliegenden Beitrag werden die klinischen Assessments sowie die Durchführung von Diagnostik und Therapie der speziellen Verletzungsfolgen dargestellt. Basierend auf einer selektiven Literaturrecherche werden unter Berücksichtigung eigener Erfahrungen die typischen Verletzungsarten an der oberen und unteren HWS aufgezeigt.

## Anatomie

In der HWS sind 3 Ossifikationszentren angelegt, perichondral paarig in den Bögen und enchondral unpaarig im Corpus. Die Fusion erfolgt etwa zwischen dem 3. und 6. Lebensjahr. In der Brust- (BWS) und Lendenwirbelsäule (LWS) liegen 8 Ossifikationszentren vor, die Fusion findet hier zwischen dem 10. und 14. Lebensjahr statt. Auch der Bogenschluss erfolgt in den verschiedenen anatomischen Regionen zu unterschiedlichen Zeiten: in der HWS im Alter von etwa 6 Jahren, in der BWS im Alter von etwa 7 bis 9 Jahren und in der LWS etwa im 9. bis 10. Lebensjahr.

Wichtig bei der Beurteilung von Röntgenaufnahmen ist die Kenntnis, dass die Wirbelkörper bis zum 8. Lebensjahr physiologischerweise leicht keilförmig sind. Insofern nimmt die Magnetresonanztomographie (MRT) zur Differenzierung der Verletzungen eine wichtige Stellung ein [1].

Die besonderen anatomischen Verhältnisse beim Kind sind auch wesentlich für die Verletzungsentstehung: Die Hypermobilität und hohe Bandelastizität

sowie der erhöhte Wassergehalt der Bandscheiben ermöglichen eine außerordentlich hohe Kompensation von Bewegungsabläufen, bevor strukturelle Schäden entstehen. Andererseits erleichtern die noch sehr horizontal gestellten Facettengelenke ein Wirbelgleiten.

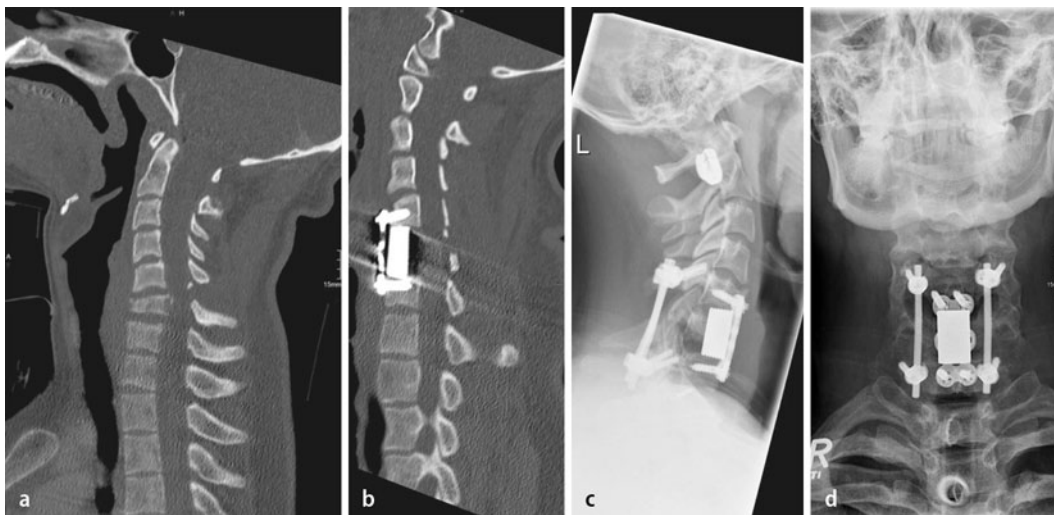
## Ätiologie

In der Regel liegen Rasanztraumata vor, etwa 30% der Kinder und Adoleszenten mit Wirbelsäulenverletzung sind polytraumatisiert. Bei Kleinkindern gehört zu den häufigsten Ursachen der Sturz aus der Höhe. Differenzialdiagnostisch ist relativ oft auch an Kindesmisshandlung zu denken. Bei Adoleszenten zeigt sich zunehmend die Verteilung wie bei Erwachsenen mit einem überwiegenden Anteil an Verkehrs- und Sportunfällen. Nicht selten liegen serielle Verletzungen vor.

## Diagnostik

Der erste Schritt der bildgebenden Diagnostik ist nach wie vor das konventionelle Röntgen in 2 Ebenen. Bei knöchernen Verletzungen erfolgt die weitere Analyse mittels Computertomographie (CT). Neben den üblichen 2-D-Rekonstruktionen sind gerade an der oberen HWS 3-D-Rekonstruktionen hilfreich [3, 10].

Die MRT wird auch wegen der fehlenden Strahlenbelastung für die Diagnostik immer wichtiger. Der hohe Anteil von Serienfrakturen und diskoligamentären Instabilitäten bei den kindlichen Verletzungen machen sie unabdingbar. Die



**Abb. 1** ▲ 16-jähriger Snowboarder nach Hochrasanztrauma. **a** Im Computertomogramm Darstellung der Berstungsfraktur mit Spinalkanalverletzung und Dehiszenz der dorsalen Strukturen. Klinische neurologische Läsion ASIA B. **b** Primäre operative Versorgung mittels Korporektomie C6, Wirbelkörperersatz und Plattenosteosynthese zur bisegmentalen ventralen Spondylothese C5 auf C7. **c,d** Verlegung in das Querschnittszentrum zur neurologischen Frührehabilitation, bei fortbestehender Instabilität und zunehmender Kyphose Komplettierung der Versorgung mittels dorsaler Zuggurtung über Massa-lateralis-Schrauben. Die postoperative klinische Verlaufskontrolle ergibt eine neurologische Verbesserung um zumindest 1 Punkt auf ASIA C. ASIA Spinal Cord Injury Association

Diagnose SCIWORA („spinal cord injury without radiologic abnormalities“) bei schweren neurologischen Schäden ohne auffälligen radiologischen Befund verliert aufgrund der zunehmenden und verbesserten MRT mehr und mehr an Bedeutung [8].

### Klassifikation

Bei Kindern unter 10 Jahren kommt es häufig zur Verletzung der knorpeligen Anteile. Analog zu den Gelenkfrakturen können auch die kindlichen Wirbelsäulenverletzungen nach Salter u. Harris eingeteilt werden, wobei Typ I eine Lösung der unteren Wirbelkörperendplatte darstellt. Eine weitere häufige Lokalisation ist der Abbruch der vorderen unteren Wirbelkörperkante, was einer Typ-III-Läsion nach Salter u. Harris entspricht.

Bei über 12- bis 14-jährigen Adoleszenten kommt die Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) zur Anwendung. In 90% der Fälle liegt eine A-Verletzung vor. Relativ häufig sieht man hier Frakturen der ringförmigen knöchernen Wirbelkörperendplatte (entspricht dem Apophysenring). Prinzipiell handelt es sich um eine frakturierte Wachstumsfuge, wobei die Dislokation meist nach dorsal erfolgt.

### Verletzungsformen

#### Neurologische Läsionen

Insgesamt treten neurologische Läsionen bei kindlichen Frakturen selten auf. In der Literatur finden sich Angaben bis 6%, bei Kleinkindern ganz überwiegend wegen Läsionen im HWS-Bereich, bei Adoleszenten im thorakolumbalen Übergangsbereich, meist infolge einer B- oder C-Verletzung.

Eine Besonderheit stellt dabei die SCIWORA-Verletzung dar. Wie bereits erwähnt, kann sie im Rahmen der verfeinerten MRT-Diagnostik i.d.R. doch nachgewiesen werden.

Im eigenen Patientengut (■ Tab. 1) beobachteten wir über einen 2-Jahres-Zeitraum bei 4 von 67 Patienten im Alter von 10 bis 17 Jahren eine Querschnittsläsion. Dies entspricht mit 7% einer etwas höheren Quote als in der Literatur, was sicherlich der Zentrumsfunktion unserer Klinik geschuldet ist. Es waren ausschließlich Jungen betroffen. In einem Fall lag eine klassische zervikale Querschnittsläsion infolge eines Sprungs in unbekanntem Wassertiefe vor. Die drei übrigen Fälle waren Folge einer Polytraumatisierung nach Verkehrsunfall. Die Läsionen befanden

sich 2-mal auf Höhe T4 und 1-mal auf Höhe T12.

#### Halswirbelsäule

Da ein Ventralversatz von bis zu 3 mm bei Heranwachsenden noch physiologisch sein und auch die asymmetrische Form der Wirbelkörper eine kyphotische Fehlstellung imitieren kann, ist die korrekte Diagnosestellung komplex und erfordert regelmäßig den Einsatz der o. a. Schnittbilddiagnostik [2].

#### Okzipitale Kondylenfrakturen

Okzipitale Kondylenfrakturen sind sehr selten und nur mittels Feinschicht-CT überhaupt erkennbar. Operative Maßnahmen sind die Ausnahme, meist reicht eine kurzfristige Ruhigstellung in angepasster Zervikalorthese aus. Eine mögliche (aber auch extrem seltene) Spätkomplikation ist die Hirnnervenkompression durch überschießende Kallusbildung.

#### Atlantookzipitale Instabilitäten

Atlantookzipitale Instabilitäten entstehen bei Hochrasanztraumata aufgrund des Missverhältnisses zwischen Kopf und Körper sowie der noch schwach ausge-

**Tab. 1** Eigene Patienten im Zeitraum 2012–2013, Alter 10–17 Jahre

Patientenzahl (n)	67
Männlich/weiblich	2:1
Halswirbelsäule	18
Brustwirbelsäule	30
Lendenwirbelsäule	19
Operation	41
Querschnittsläsion	4

prägten stabilisierenden Muskulatur und Bandstrukturen. Die hohen Scherkräfte führen zur Separation zwischen Kopf und Wirbelsäule und häufig zu massiven Myelonverletzungen bis hin zur Zerreißung. Patienten mit dieser Verletzung überleben oft nicht; wenn sie die Klinik erreichen, können die Symptome zunächst unspezifisch sein. Erscheint der Abstand zwischen Okzipitalkondylen und oberer Begrenzung des Atlasfacettengelenks erweitert (>5 mm), ist zwingend eine MRT-Diagnostik einzuleiten. Diese Verletzung bedarf einer operativen Stabilisierung [12].

### Atlasfrakturen

Atlasfrakturen können aufgrund der noch vorhandenen Wachstumszonen leicht übersehen werden. Wichtig ist die Stellung der Massae laterales zu den Gelenkflächen des Axis. Zur Therapie genügt meist eine Philadelphia-Krawatte. Bei zunehmender Dislokation ist ggf. eine Traktion mittels Halifaxateur zu erwägen.

### Atlantoaxiale (Sub-)Luxationen

Bei Kindern sind Fehlstellungen zwischen Atlas und Axis meist nicht direkt post-traumatisch, sondern eher bei Kontrollen wegen Schiefhals zu finden. Es zeigen sich dann Subluxationen, die sich meist spontan reponieren. Operative Maßnahmen sind i.d.R. nicht erforderlich, Traktion und anschließende intensive Physiotherapie reichen meist aus.

### Densfrakturen

Auch bei Densfrakturen genügt normalerweise die konservative Therapie. Allerdings ist initial konsequent eine Orthese zu tragen. Je älter die Jugendlichen sind,

Trauma Berufskrankh 2015 · 17[Suppl 1]:235–240 DOI 10.1007/s10039-014-2136-9 © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

O. Gonschorek

## Wirbelsäulenverletzungen bei Kindern und Adoleszenten

### Zusammenfassung

**Hintergrund.** Wirbelsäulenverletzungen sind bei Kindern und Heranwachsenden insgesamt selten. Daher bedarf es einer genauen Kenntnis der möglichen Verletzungsformen sowie der physiologischen Entwicklung der anatomischen Strukturen und von Anomalien. Nur so können die entsprechenden Verletzungen erkannt und adäquat behandelt werden.

**Verletzungsformen.** Bei Kleinkindern überwiegen aufgrund der Überproportionen des Kopfes und der noch schwachen muskulären und ligamentären Strukturen Verletzungen der Halswirbelsäule, beim Adoleszenten stehen Verletzungen von Brust- und Lendenwirbelsäule im Vordergrund.

**Diagnostik und Therapie.** Das konventionelle Röntgen ist auch bei Kindern die ers-

te diagnostische Maßnahme. Im Rahmen der Schnittbilddiagnostik gewinnt die Magnetresonanztomographie (MRT) immer größere Bedeutung. Eine konservative Therapie ist zwar meist ausreichend, allerdings müssen je nach Verletzungsmuster und -schwere auch mit zunehmendem Kindesalter operative Maßnahmen eingeleitet werden, die sich denen bei Erwachsenen annähern. Dennoch bleibt die ventrale Fusion im thorakolumbalen Übergangsbereich, die beim Erwachsenen mittlerweile regelmäßig vorgenommen wird, eher die Ausnahme.

### Schlüsselwörter

Wirbelsäule · Wirbelfraktur · Gelenkinstabilität · Operative Verfahren · Jugendliche

## Spinal injuries in children and adolescents

### Abstract

**Background.** Spinal injuries in children and adolescents are rare; therefore, detailed knowledge about possible injury patterns and the physiological development of anatomical structures as well as anomalies are essential for a correct diagnosis and accurate treatment.

**Injury forms.** Injuries of the cervical spine predominate in infants mainly due to the oversized proportions of the head and the weak muscular and ligamentous structures, whereas injuries of the thoracic and lumbar spine are more prevalent in adolescents. Fractures of the thoracolumbar region in adolescents approximate more and more to typical fractures occurring in adults.

**Diagnostics and therapy.** Conventional x-ray imaging is the first diagnostic tool used

even for children; however, magnetic resonance imaging (MRI) is becoming increasingly more important. Conservative treatment is normally sufficient but, depending on the injury pattern and severity, operative measures have to be taken into consideration especially with an increasing age of children. Percutaneous instrumentation is advantageous especially for serial vertebral fractures. Anterior fusion of the thoracolumbar spine, which is a relatively commonly employed operative option in adult burst fractures with disc rupture, is more an exception in children.

### Keywords

Spine · Spinal fractures · Joint instability · Operative procedures · Adolescents

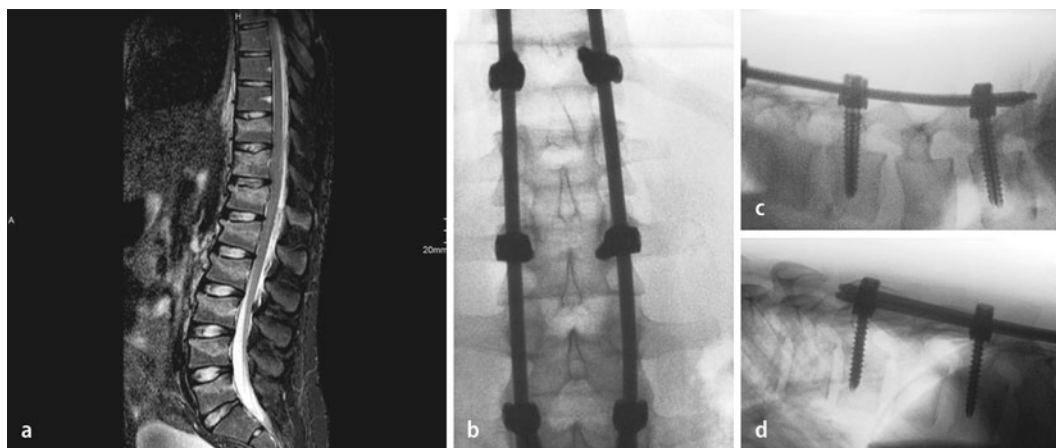
umso eher können klassische, auch operationspflichtige dislozierte Densfrakturen vorliegen.

### Hanged-Man-Läsion

Die klassische Läsion findet sich gehäuft bei Kindern unter 2 Jahren und bei Jugendlichen über 16 Jahren. Während sie bei Letzteren wie bei Erwachsenen behandelt werden muss, ist bei Kleinkindern meist eine konservative Behandlung zielführend.

### Segmente C3–7

Die mittlere und untere HWS ist meist bei Adoleszenten betroffen, die Läsionen ähneln sehr denen bei Erwachsenen. Somit liegen meist Bandscheibenzerreißungen vor, aber auch klassische Kompressionsfrakturen [4]. Hier werden die Prinzipien zur Behandlung Erwachsener angewendet (■ Abb. 1).



**Abb. 2** ◀ 16-jähriger Motorradfahrer. **a** Seriele Vorderkantenfrakturen. **b–d** Die Summe der Läsionen bedingt die Operationsindikation, es erfolgt die perkutane dorsale Instrumentierung



**Abb. 3** ▲ Perkutane Technik. **a** Intraoperativer Situs, **b** Verwendung von Repositionssystemen, **c** strahlungsarmes Instrumentieren durch Einsatz der Navigation

### Brust- und Lendenwirbelsäule

Die Verletzungsformen an BWS und LWS sind insgesamt einförmiger als an der HWS. Serienfrakturen treten häufig auf, wobei jede einzelne Läsion für sich keine Operationsindikation darstellt (■ **Abb. 2**). Reihen sich allerdings mehrere solcher Läsionen aneinander, kann es erforderlich werden, primär die Stellung zu korrigieren und temporär (3 Monate sind meist ausreichend) dorsal zu instrumentieren. Hier sind die modernen perkutanen Techniken sehr vorteilhaft [5].

Im Vordergrund steht dennoch auch für die BWS und LWS die konservative Heilbehandlung [6]. Impressionen können bis zu 50% konservativ behandelt werden, d. h. frühfunktionell mit Krankengymnastik, Rückenschulung und Muskelaufbau. Für 3 Monate ist generelle Sportkarenz auszusprechen. Der Stellenwert von Orthesen ist eher zurückhaltend zu betrachten. Initial können sie als „reminder“ von Nutzen sein, gerade bei Heranwachsenden ist aber die Compliance i.d.R. mäßig.

Die weitere Entwicklung von Fehlstellungen ist nie sicher abschätzbar, insbesondere im Adoleszentenalter [11]. Daher sind Empfehlungen für mittel- und langfristige Verlaufskontrollen auszusprechen. Auch hierfür bietet sich die MRT mit ihren Vorteilen an.

Operative Maßnahmen sind bei neurologischen Ausfallserscheinungen und bei Verletzungen des Typs B oder C nach der AO-Klassifikation angezeigt. Bei kyphotischen Fehlstellungen ab 15–20° ist eine operative Versorgung zu erwägen, wesentlich ist hier die Dynamik. Insofern sind auch bei vermeintlich stabilen Typ-A-Verletzungen engmaschige Verlaufskontrollen erforderlich. Zwar spielt auch hier die MRT aufgrund ihrer fehlenden Strahlenbelastung eine wichtige Rolle, zusätzlich muss aber immer eine konventionelle Röntgenkontrolle im Stehen erfolgen.

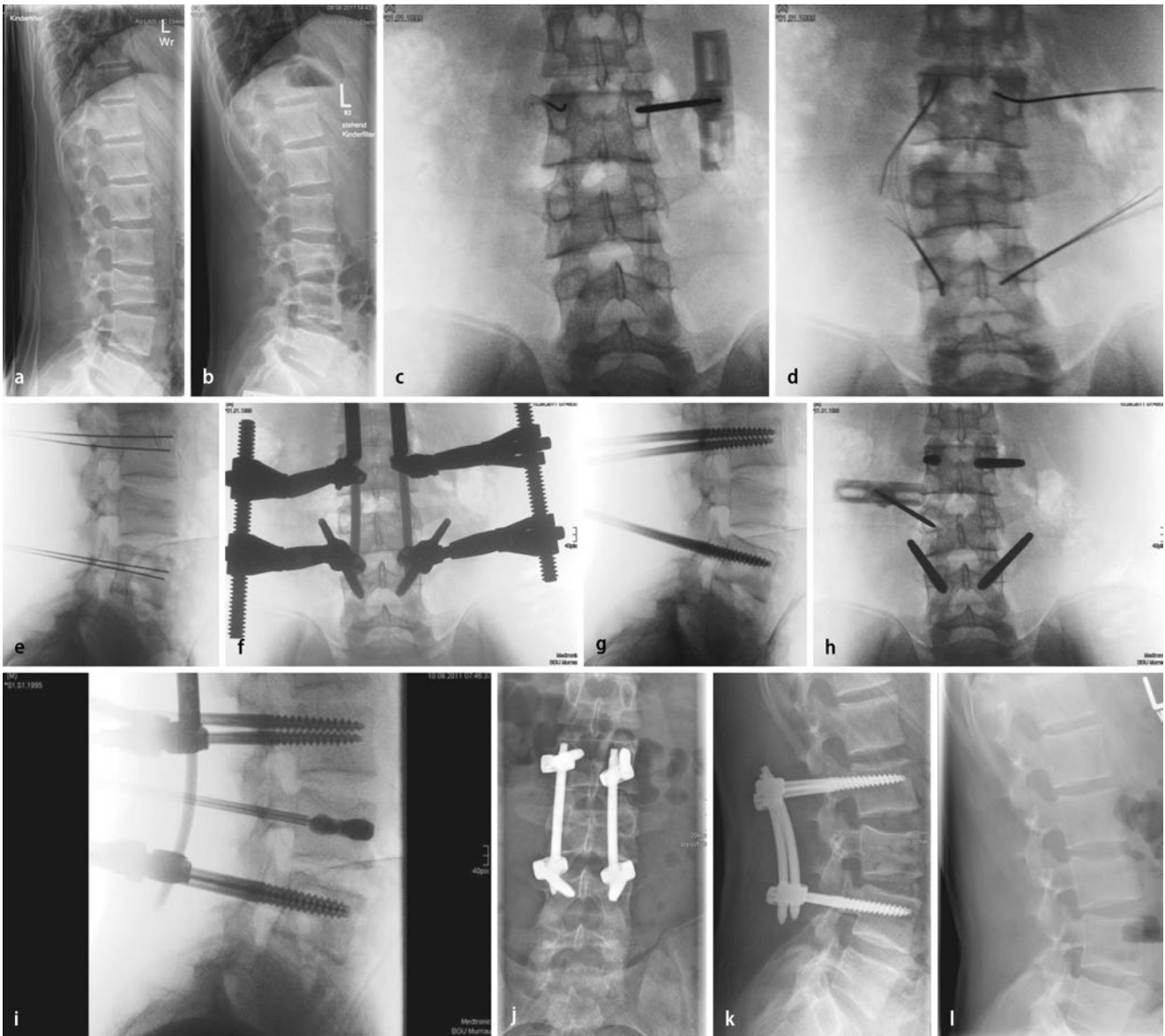
Aufgrund der heutigen Möglichkeiten der perkutanen Technik und der entsprechend schonenden operativen Versorgung kann die Indikation etwas einfacher gestellt und somit einer sekundären Fehlstellung sicherer entgegengewirkt wer-

den. Ziel ist die frühzeitige dorsale Instrumentierung in perkutaner Technik mit Repositionssystem; die Materialentfernung kann frühzeitig (innerhalb von 3 bis 4 Monaten) erfolgen (■ **Abb. 3**).

Ventrale Spondylodesen sind i.d.R. nicht erforderlich. Meist werden diese Verfahren mit Wirbelkörperersatz bzw. Cage nur zur Korrektur bei größeren Fehlstellungen benötigt. Bandscheiben bei Kindern und Adoleszenten haben eine hohe Regenerationsfähigkeit, sodass selbst bei offensichtlichen Bandscheibenverletzungen und bei kompletten Bertsungsbrüchen die Indikation zur ventralen Spondylodese und Fusion von Segmenten sehr zurückhaltend gestellt werden kann. Wichtig sind allerdings regelmäßige Kontrollen, um rechtzeitig eine zunehmende Fehlstellung korrigieren zu können (■ **Abb. 4**).

### Fazit

- Die schwierige Diagnosestellung bei Verletzungen an der Wirbelsäule ge-



**Abb. 4 ▲** 16-Jähriger nach Skisturz (Hochrasanz). **a** Zunächst erfolgte auswärtig die konservative Behandlung. **b** Bei zunehmender Kyphose und fortbestehender erheblicher Schmerzsymptomatik wird der Patient in unserer Klinik vorgestellt, die Verletzung erweist sich als Typ-B-Läsion. **c–f** Die operative Versorgung erfolgt in perkutaner Technik mit speziellem Repositionssystem. **g** Die hohen Kräfte lassen sich an den gebogenen Schanzschrauben erkennen. Der Wirbelkörper ist aufgrund der guten Knochenqualität stark impaktiert und kann zunächst nicht komplett reponiert werden. **h, i** Erst durch einen Ballonkatheter wie zur Kyphoplastie verwendet gelingt die anatomische Reposition. **j, k** Die Röntgenkontrolle im Stehen zeigt eine gute Korrektur bei wiederhergestellter Lendenlordose. **l** Das Material kann nach 4 Monaten ohne Repositionsverlust entfernt werden

rade bei Kleinkindern und v. a. an der HWS wird durch die moderne Schnittbildgebung (CT und insbesondere MRT) erleichtert.

- Die Heranwachsenden zeigen zunehmend Verletzungsbilder wie Erwachsene. Serielle Impaktionsfrakturen können hier als Besonderheit genannt werden, die in der Summe ihrer Fehlstellungen doch eine Operationsindikation darstellen.

- Bei den Operationen werden moderne weichteilschonende Techniken eingesetzt.
- Auch bei Verlaufskontrollen kann neben dem klassischen Röntgenbild im Stehen die strahlungsfreie MRT zum Einsatz kommen.

### Korrespondenzadresse

**Dr. O. Gonschorek**  
Abteilung für Wirbelsäulen Chirurgie,  
Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Murnau,  
Prof.-Küntschers-Str. 8, 82418 Murnau  
oliver.gonschorek@bgu-murnau.de

### Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** O. Gonschorek gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

The supplement containing this article is not sponsored by industry.

### Literatur

1. Basu S (2012) Spinal injuries in children. *Front Neurol* 3:96
2. Brown RL, Brunn MA, Garcia VF (2001) Cervical spine injuries in children: a review of 103 patients treated consecutively at a level 1 pediatric trauma center. *J Pediatr Surg* 36(8):1107–1114
3. Khanna G, El-Khoury GY (2007) Imaging of cervical spine injuries of childhood. *Skeletal Radiol* 36(6):477–494
4. Kokoska ER, Keller MS, Rallo MC, Weber TR (2001) Characteristics of pediatric cervical spine injuries. *J Pediatr Surg* 36(1):100–105
5. Kraus R, Stahl JP, Heiss C et al (2013) Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule im Wachstumsalter. *Unfallchirurg* 116:435–441
6. Laer L von (2012) Wirbelfrakturen. In: Laer L von, Kraus R, Linhart WE (Hrsg) Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter. Thieme, Stuttgart, S 487–494
7. Nau C, Rose S, Laurer H, Marzi I (2010) Wirbelsäulenverletzungen im Kindesalter. *Orthopädie Unfallchir* 5:23–28
8. Pang D (2004) Spinal cord injury with radiographic abnormality in children, 2 decades later. *Neurosurgery* 55(6):1325–1343
9. Rose S, Marzi I (2010) Wirbelsäule. In: Marzi I (Hrsg) Kindertraumatologie. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 355–386
10. Rose S, Marzi I (2010) Radiologische Diagnostik. In: Marzi I (Hrsg) Kindertraumatologie. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 37–48
11. Schmidt-Rohlfing B, Nossek M, Hofman M et al (2009) Korrigierendes Wachstum nach Wirbelkörperfrakturen im Jugendalter. *Z Orthop Unfall* 147:593–596
12. Warner WC, Beaty JH, Kasser JR (2001) Cervical spine injuries in children. *Rockwood and Wilkins' fractures in children*. Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore, pp 809–846